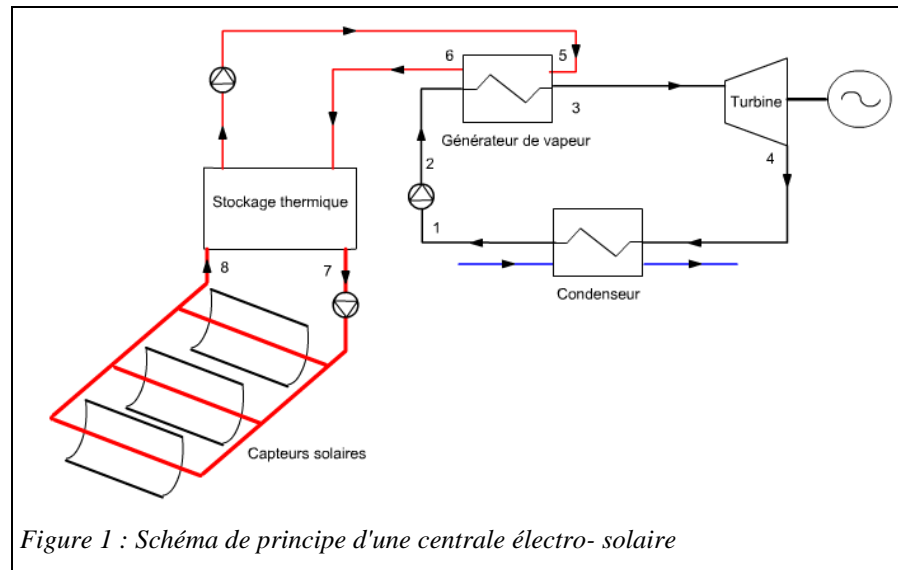


Méthodes de simulation horaire des centrales solaires

Nous présentons dans cette note les principes généraux qui régissent l'élaboration de logiciels de simulation horaire de centrales électro-solaires.

Les installations solaires, même les plus simples, sont en réalité des systèmes énergétiques relativement complexes qui comprennent au moins un circuit de captation, un circuit de distribution de l'énergie, un stockage et différentes régulations (figure 1), et dans lesquelles tant la charge (demande) que les apports varient en permanence.



D'une manière générale, de tels systèmes n'ont pas un comportement aussi simple qu'on pourrait le croire, du fait des interactions dont ils sont le siège (captation-stockage, distribution-stockage, apports gratuits-distribution, etc...). En particulier, s'il est possible de définir sans ambiguïté l'énergie disponible en sortie d'un capteur isolé, l'usage de cette notion devient plus délicat quand le capteur est intégré dans un système : on parle alors d'énergie utile, pour l'énergie réellement fournie par le système.

C'est pour cela que les méthodes de simulation horaire (ou infra-horaire) sont des outils bien adaptés pour l'étude de ce type d'installation.

Les données météorologiques d'entrée sont généralement la température extérieure et l'ensoleillement global G horizontal du lieu d'implantation.

Les valeurs horaires proviennent le plus souvent de bases de données fournies par les services météorologiques nationaux ou de serveurs comme SoDa¹. Ces valeurs servent à déterminer E_s , ensoleillement reçu par une surface d'inclinaison α et d'orientation δ quelconques selon la démarche présentée section 11.2. Connaissant ainsi la disposition du champ de capteurs et sa surface, il est possible de déterminer la puissance solaire incidente. La puissance thermique fournie par les capteurs s'en déduit si l'on connaît leurs températures de fonctionnement et leurs caractéristiques.

Cette puissance est emportée par le fluide traversant les capteurs, et dirigée vers le ballon de stockage, dont le volume V_{stock} varie en fonction d'une part des apports, et d'autre part des prélèvements destinés à alimenter la chaudière du cycle à vapeur.

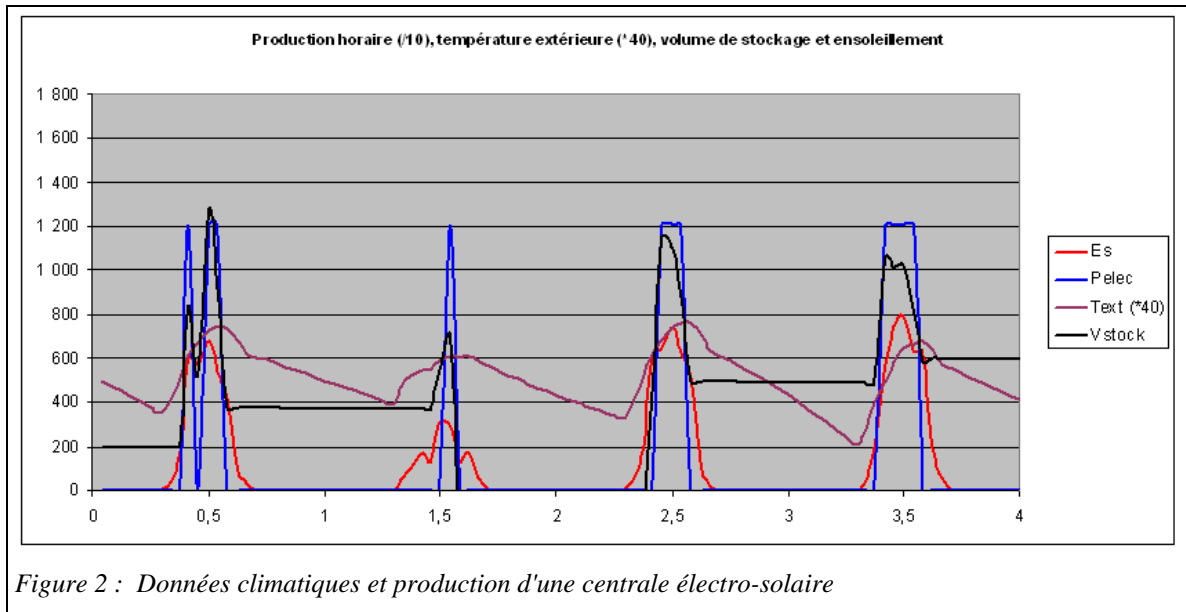
Une modélisation possible consiste à considérer que, le volume de stockage étant limité par une valeur V_{max} , la centrale électrique est arrêtée tant que V_{stock} reste inférieur à une limite inférieure V_{min} , et que l'on se contente de stocker la chaleur disponible si l'ensoleillement est suffisant pour cela. Lorsque le volume de fluide stocké dépasse V_{min} , la centrale démarre et continue de fonctionner tant que $V_{stock} > 0$.

Lorsque le stock est plein, que l'on turbine, et qu'il y a un excédent de puissance solaire, cet excédent est rejeté à l'extérieur.

On peut prendre en compte des pertes thermiques du stockage proportionnelles à l'écart entre sa température et celle de l'air ambiant et à sa surface.

¹ <http://www.soda-is.com/fr/index.html>

Un tel outil de simulation, qui peut être implémenté dans une feuille de calcul de tableur, conduit à des résultats du type de ceux présentés figure 2.



Ce modèle reste très simplifié car il ne tient pas compte de l'échauffement du champ de capteurs le matin (plus précisément, il n'en tient pas compte explicitement, mais les capteurs s'échauffent tant que l'ensoleillement reste inférieur au seuil de rendement positif).

Dans un tel modèle, on ne tient pas non plus compte de la mise en température de la chaudière solaire, et on suppose que les températures d'entrée et de sortie des capteurs restent constantes tant qu'ils produisent, ce qui suppose implicitement l'existence d'une régulation du débit très performante. Il est possible d'affiner ces hypothèses, en établissant un modèle fin du champ de capteurs et de la stratégie de gestion du débit effectivement mise en place.

Le rendement du cycle thermodynamique peut être supposé constant, ou variable en fonction notamment d'une part des conditions de condensation, qui dépendent souvent de la température ambiante, et d'autre part de la température et du débit du fluide qui entre dans la chaudière. Si l'on désire connaître les performances du cycle thermodynamique lorsque ses conditions aux limites varient, il est nécessaire de le modéliser en régime non-nominal.

BIBLIOGRAPHIE

- ADNOT J, GICQUEL R, "Réflexion sur la régulation des installations de conversion thermique de l'énergie solaire". Communication présentée à la rencontre internationale de la COMPLES, Hambourg 1978.
- BOURGES B., GICQUEL R., SCHMOLL D., "Contribution à l'étude du comportement des capteurs plans en régime transitoire", Revue internationale d'héliotechnique - 1er semestre 1978.
- GICQUEL, R. Méthode pour évaluer l'énergie solaire fournie par un insolateur plan. Revue Générale de Thermique, n° 164-165, août-septembre 1975.